

Analysis of Relation between Fluorescence Intensity and Ripeness Levels of Loosed Palm Oil Fruits

MINARNI SHIDDIQ DAN REZA UMAMI

Laboratorium Fotonik, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Riau Jl. HR. Soebrantas km 12,5 Pekanbaru 28293

Intisari: Fluorescence imaging telah dikembangkan sebagai metode nondestruktif yang berpotensi untuk penilaian kualitas buah dan sayuran. Grading tandan buah segar (TBS) kelapa sawit sangat penting dilakukan untuk mendapatkan CPO yang berkualitas tinggi di perusahaan kelapa sawit. Fluoresensi imaging belum secara menyeluruh digunakan untuk mengeksplorasi grading kelapa sawit. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari intensitas fluoresensi pada buah kelapa sawit yang brondolan dan hubungannya terhadap tingkat kematangan buah menggunakan sistem pencitraan fluoresensi. Sistem terdiri dari laser dioda 650 nm, kamera monokrom CMOS dan filter warna. Filter yang digunakan adalah warna jingga karna dieksitasi oleh laser dioda merah. Sampel adalah buah segar kelapa sawit brondolan dari varietas Tanera bernama Marihat dan Topaz yang diambil pada bagian buah luar TBS kelapa sawit. Sampel memiliki tiga tingkat kematangan yaitu mentah, matang, lewat matang yang setiap tingkat nya terdiri dari 5 buah. Kategori kematangan ditentukan oleh pemanen yang berpengalaman. Buah yang disinari direkam oleh kamera dan menghasilkan intensitas gray menggunakan software imageJ yang dibandingkan pada tiga tingkat kematangan. Konsentrasi antosianin pada lapisan mesocarp buah Marihat diukur sebagai perbandingan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas fluoresensi tertinggi diperoleh pada buah lewat matang, diikuti oleh matang dan mentah. Intensitas gray pada buah Topaz lebih tinggi 5-11% untuk setiap tingkat kematangan. Hal ini dapat disebabkan konsentrasi antosianin jenis Topaz lebih tinggi dari Marihat. Hal ini memerlukan penelitian lebih lanjut.

Kata kunci: Pencitraan Fluoresensi Berbasis Laser, Buah Kelapa Sawit Brondolan, Kematangan, Konsentrasi Antosianin, ImageJ

Abstract: Fluorescence imaging has been developed as a potential nondestructive method for fruit and vegetable quality assessments. Grading palm-oil fresh fruit bunches (FFBs) is a very important step to obtain good quality of crude palm oil for palm oil companies. Fluorescence imaging has not thoroughly been explored for FFB grading. This research was aimed to study the fluorescence intensities of loosed palm oil fresh fruits and their relations to the ripeness levels of the fruits using a chlorophyll fluorescence imaging system. The system composed of a 650 nm diode laser, a monochrome CMOS camera, and a color filter. The color filter used was an orange color due to excitation by the red diode laser. The samples were loosed palm oil fresh fruits from Tenera variety named Marihat and Topaz taken from the outer layer of palm oil fresh fruit bunches. The samples had three levels of ripeness, underripe, ripe, and overripe, each had 5 loosed fruits. The ripeness categories were determined by an experienced harvester. The illuminated fruit images were recorded by the camera and the gray intensities were obtained using ImageJ software and compared for three ripeness conditions. The anthocyanin concentration of the mesocarp layers of the Marihat fruits were measured as comparison. The research results showed that the highest fluorescence intensities were obtained for overripe, followed by ripe, and underripe loosed fruits. These were related to the decreasing of the anthocyanin concentration. The gray intensities of Topaz palm oil fruits were higher by 5-11% for each of the ripeness levels. These could be due to the anthocyanin concentration of Topaz fruits were higher than those of Marihat fruits. That could be investigated further.

Keywords: Laser-based Fluorescence Imaging, Loosed-Palm Oil Fruits, ripeness, Anthocyanin concentration, ImageJ

Email: minarni@unri.ac.id, rezaumami888@gmail.com

1 PENDAHULUAN

Metode penggunaan cahaya telah banyak dikembangkan untuk mendeteksi kualitas dan tingkat kematangan pada buah. Metode-metode tersebut antara lain pencitraan fluoresensi (*fluorescence imaging-FI*), *Hyperspectral imaging*, *LSI (laser speckle Imaging)*. Penelitian yang telah dilakukan

adalah seperti deteksi kematangan buah apel dan buah persik menggunakan cahaya laser [1] dan deteksi kerusakan pada buah pir menggunakan laser dioda [2].

Tingkat kematangan buah kelapa sawit saat panen dapat meningkatkan kualitas minyak kelapa sawit [3]. Umumnya petani kelapa sawit menentukan

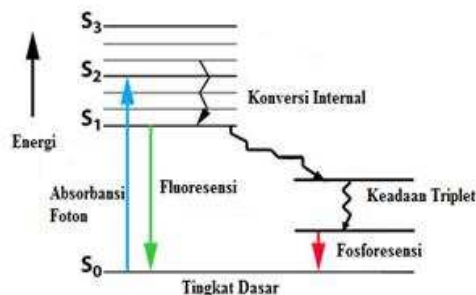
kematangan buah secara manual yaitu berdasarkan warna buah dan jumlah brondolan yang lepas dari tandannya [4]. Metode ini sering tidak akurat dan efisien sehingga buah yang belum matang sudah dipanen. Permasalahan yang sering timbul pada industri kelapa sawit adalah menurunnya kualitas CPO (*Crude Palm Oil*) pada minyak kelapa sawit. Hal disebabkan oleh kadar asam lemak bebas (ALB) pada minyak kelapa sawit berada diatas 5% jauh di bawah standar permintaan pasar dunia. Tingginya ALB pada minyak kelapa sawit dipengaruhi oleh tingkat kematangan saat panen [5]. Pada Industri, tingkat kematangan tandan buah segara (TBS) kelapa sawit diklasifikasikan menjadi tiga fraksi yaitu, fraksi *under-ripe* pada buah mentah, *ripe* buah yang sudah matang untuk panen dan *overripe* buah yang telah lewat matang.

Pengembangan teknologi nondestruktif untuk menentukan tingkat kematangan buah kelapa sawit telah banyak dilakukan. Penelitian yang telah mengembangkan sistem deteksi untuk kematangan buah kelapa sawit. diantaranya seperti Makky *et al.*, [6], Roseleena *et al.*, [7] Razali *et al.*, [3], Hazir *et al.*, [8] Bensaeed *et al.*, [9] Pada penelitian ini sistem fluoresensi imaging dibangun dan digunakan untuk menganalisa hubungan intensitas fluoresensi yang dihasilkan pada tingkat kematangan buah kelapa sawit brondolan terhadap kandungan konsentrasi antosianinnya. Fluoresensi imaging merupakan metode penggabungan komponen spektrometer fluoresensi dengan memanfaatkan komponen optik, cahaya penginduksi dan kamera CMOS sebagai detektor. Metode ini menganalisa sifat optik pada buah ketika buah berinteraksi dengan cahaya. Sifat optik pada buah kelapa sawit memiliki hubungan yang signifikan terhadap tingkat kematangan kelapa sawit [10]. *Output* yang dihasilkan berupa gambar yang dianalisa dengan aplikasi ImageJ untuk mendapatkan intensitas *gray value*. Metode ini potensial untuk dikembangkan karna dianggap ekonomis, nondestruktif dan sederhana.

2 KAJIAN LITERATUR

Buah (material) yang berinteraksi dengan cahaya akan menimbulkan fenomena optik. Interaksi antara buah dengan cahaya eksitasi dapat ditunjukkan pada diagram Jablonski pada Gambar 1. Ketika cahaya foton berinteraksi dengan suatu material akan terjadi tiga proses utama yaitu fitokimia, disipasi panas dan fluoresensi. Proses Fitokimia dimana cahaya yang diserap akan dimanfaatkan untuk proses fotosintesis. Kemudian energi dipancarkan dalam bentuk disipasi panas. Selanjutnya fluoresensi merupakan proses pemancaran radiasi cahaya matahari setelah tereksi-

tasi oleh berkas cahaya dengan energi tinggi. Atom yang menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu akan memancarkan kembali cahaya dengan panjang gelombang yang lebih besar [11].



Gambar 1. Diagram Jablonski (Lemboumba, 2006)

Berbagai keadaan dapat dideteksi dengan sistem pencitraan fluoresensi (*fluorescence imaging system*). Penelitian sebelumnya menentukan grading kemasakan pada buah pir dan mendeteksi kerusakan pada bagian dalam buah yang tidak dapat dilihat oleh mata biasa (*naked eye*) [1]. Fluoresensi imaging juga dapat mengidentifikasi kerusakan pada buah lemon menggunakan LICF (*Laser Induced Chlorophyll Fluorescence*) [12]. Fluoresensi imaging merupakan metode spektroskopi fluoresensi yang menggunakan beberapa komponen optik dan spektrometer. Sistem terdiri dari sumber cahaya eksitasi, filter warna, dan detektor kamera CMOS.

Kelapa sawit (*Elaeis Guineensis*) merupakan tanaman industri penghasil minyak berupa CPO. Perkembangan industri perkebunan kelapa sawit di Indonesia berkembang pesat dibandingkan jenis perkebunan lainnya. Buah kelapa sawit berkembang baik di daerah tropis terutama pada lahan gambut. Kelapa sawit memiliki tiga varietas utama yaitu Dura, Pisifera, dan Tenera, ketiganya memiliki kelebihan dan kekurangan ditinjau dari cangkang dan ketebalan daging buah. Namun saat ini varietas ini sudah dikembangkan dan memiliki keunggulan masing-masing yang kita kenal dengan nama Marihat, Topaz, Lonsum dan lainnya. Secara umum kelapa sawit terdiri atas lapisan eksocarp yaitu bagian kulit terluar, mesocarp yaitu bagian serabut pada daging buah, dan endocarp yaitu bagian cangkang dan inti kelapa sawit. Pada bagian mesocarp buah kelapa sawit terkandung senyawa flavonoid dan antosianin [8]. Senyawa antosianin merupakan pigmen alami yang terdapat pada vakola tumbuhan. Sehingga senyawa tersebut merupakan salah satu metode destruktif yang dapat dijadikan dasar untuk menentukan kematangan pada buah kelapa sawit melalui uji fitokimia.

Umumnya penentuan kematangan pada buah kelapa sawit dilakukan secara manual yaitu berdasarkan warna buah dan jumlah brondolan yang lepas. Penentuan kemasakan berdasarkan warna permukaan mesocarp akan menunjukkan kematangan apabila berwarna oren atau oren kemerahan dan belum matang pada warna ungu gelap [13]. Penyortiran buah kelapa sawit berdasarkan kandungan pigmen atau zat-zat warna tertentu seperti antosianin dan flavonoid memiliki indeks kualitas yang lebih baik [8]. Penentuan kematangan berdasarkan jumlah brondolan yang lepas diklasifikasikan menjadi tiga kategori yaitu *underripe*, *ripe* dan *overripe*. Seperti yang dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi TBS Buah Kelapa Sawit Berdasarkan Tiga Tingkat Kematangan (Hazir dan Abdul, 2011)

Kategori	Deskripsi
<i>Ripe</i> (Masak)	10-50% buah terlepas dari tandan
<i>Overripe</i> (Lewat Masak)	50-90% buah terlepas dari tandan
<i>Underripe</i> (Belum Masak)	1-9 buah terlepas dari tandan

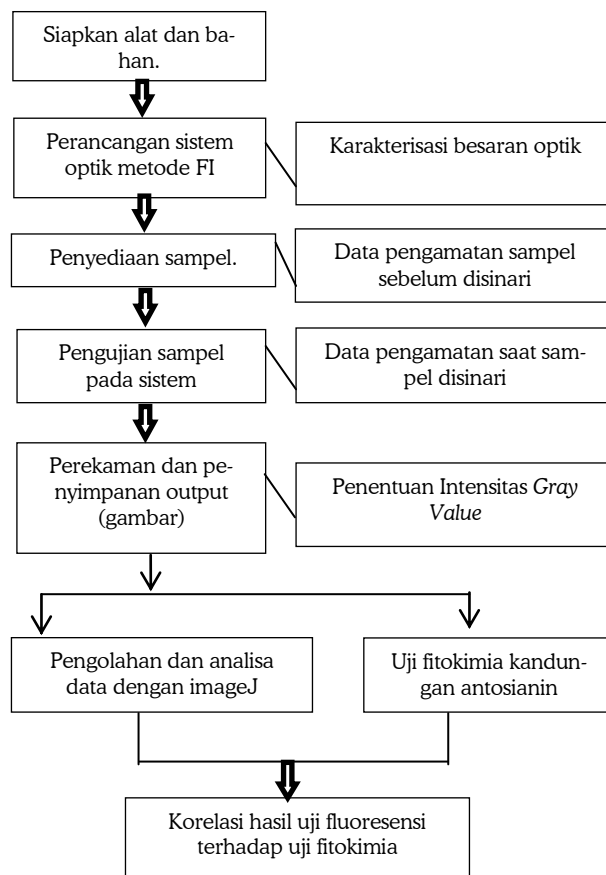
Penentuan kematangan pada buah kelapa sawit juga dapat ditentukan secara optik. Sifat optik dapat dideteksi melalui interaksi cahaya dengan buah. Cahaya yang direfleksikan pada buah akan memberikan informasi mengenai kualitas buah yang ditentukan melalui proses reflektansi, transmisi dan absorpsi [14].

Antosianin merupakan kandungan pigmen alami yang terdapat pada bagian vakola tumbuhan. Pigmen ini akan memberikan warna merah, biru dan ungu pada buah bergantung keadaan pH. Pada bagian mesocarp buah kelapa sawit mengandung senyawa antosianin. Menurut Hazir *et al.*, [8] senyawa antosianin yang terkandung pada buah kelapa sawit akan cenderung menurun seiring dengan bertambahnya tingkat kematangan. Kadar antosianin pada kelapa sawit mentah lebih sedikit dari pada buah yang matang. Sehingga melalui metode destruktif uji fitokimia kandungan kadar antosianin dapat menunjukkan tingkat kematangan pada kelapa sawit. Senyawa antosianin tidak bersifat toksik, namun sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi perubahan antosianin adalah pH, suhu, oksigen, enzim dan cahaya.

3 METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Penelitian dimulai dengan persiapan alat dan bahan, perancangan sistem optik, uji fitokimia sampel dan pengolahan data untuk pengambilan kesimpulan.

Sampel merupakan buah brondolan kelapa sawit dengan tiga tingkat kematangan *underripe*, *ripe* dan *overripe* yang ditentukan oleh petani yang berpengalaman di perkebunan kelapa sawit. Sampel adalah buah kelapa sawit jenis Tenera dengan varietas Marihat dan Topaz yang diambil 5 brondolan setiap tingkat kematangannya.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

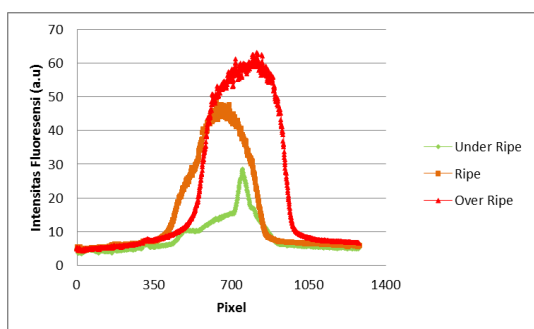
Penelitian dimulai dengan penentuan lokasi sampel dan pengambilan sampel sesuai metode kemudian dilanjutkan dengan penyediaan alat sistem deteksi dan pembuatan rancang bangun sistem optik yang telah dilakukan karakterisasi optik terlebih dahulu. Sampel disinari dengan cahaya laser dioda merah pada panjang gelombang 650 nm untuk pengujian pada sistem optik yang dideteksi oleh detektor berupa kamera CMOS *monochrome*. Data akan disimpan pada komputer dengan *output* berupa gambar. Kemudian gambar tersebut diolah dengan menggunakan aplikasi imageJ untuk mengetahui intensitas fluoresensi yang dihasilkan pada tiap tingkat kematangan. Hal ini dapat dilihat pada diagram alir penelitian Gambar 2.

Selanjutnya uji fitokimia dilakukan pada sampel untuk mengetahui kadar kandungan antosianin pada tiap tingkat kematangan buah. Hasil uji tersebut

dianalisa dan dilakukan korelasi data sehingga dapat diambil kesimpulan. Sistem fluoresensi imaging dibangun untuk menganalisa intensitas fluoresensi imaging pada buah kelapa sawit brondolan. Sistem berbentuk sebuah box dengan luas 0,6 m² yang tertutup rapat tanpa pengaruh cahaya luar. Sistem terdiri dari laser dioda sebagai cahaya penginduksi, kamera CMOS sebagai detektor, filter warna, dan sampel. Dalam hal ini juga digunakan seperangkat komputer untuk menyimpan dan mengolah *output* gambar yang dihasilkan dari sistem. Sistem dibangun sedemikian rupa agar menghasilkan data yang akurat. Jarak sampel terhadap kamera diukur sejauh 30 cm agar mendapatkan fokus yang tepat, sinar laser menyinari sampel pada sudut 30° dengan jarak laser pada kamera sejauh 17,3 cm, lebar berkas sinar laser mengenai sampel sebesar 1,3 cm. Tujuannya agar sampel yang tersinari laser dapat tertangkap dan terdeteksi oleh kamera CMOS dan disimpan dalam perangkat komputer yang kemudian diolah dengan ImageJ.

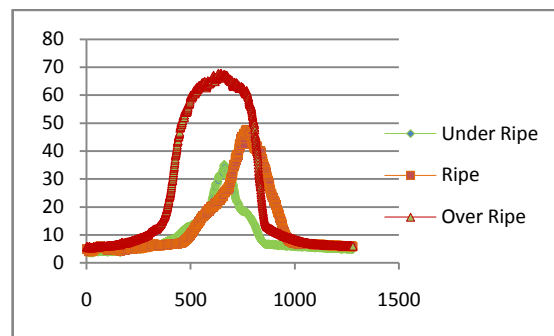
4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa buah kelapa sawit dengan tingkat kematangan *over ripe* memiliki intensitas fluoresensi lebih tinggi. Kemudian intensitas selanjutnya diikuti oleh *ripe* dan *underripe*. Gambar 3 menjelaskan intensitas fluoresensi yang dihasilkan pada buah kelapa sawit varietas Marihat. Pada grafik menunjukkan bahwa intensitas tertinggi didapat pada fraksi *overripe* dan kemudian diikuti oleh *ripe* dan *underripe*. Nilai intensitas maksimum yang dihasilkan pada fraksi *overripe* adalah 62,55 a.u. Pada fraksi *ripe* dan *underripe* intensitas fluoresensi yang dihasilkan jauh di bawah *overripe*.

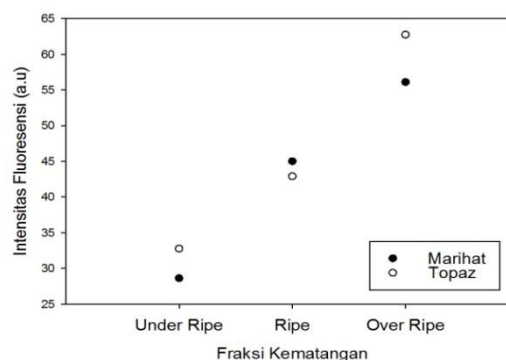


Gambar 3. Grafik Intensitas Fluoresensi Varietas Marihat

Gambar 4 menjelaskan tentang intensitas fluoresensi yang dihasilkan pada buah kelapa sawit varietas Topaz. Dari grafik menunjukkan bahwa intensitas fluoresensi pada fraksi *overripe* lebih tinggi dibandingkan dengan fraksi *ripe* dan *underripe*. Nilai intensitas maksimum yang dihasilkan pada fraksi *overripe* adalah 64,47 a.u.



Gambar 4. Grafik Intensitas Fluoresensi Varietas Topaz

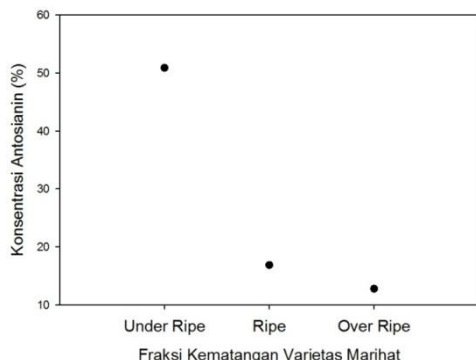


Gambar 5. Perbandingan intensitas fluoresensi pada buah brondolan kelapa sawit varietas Marihat dan Topaz terhadap tingkat kematangan

Berdasarkan dari perbandingan intensitas fluoresensi dari dua varietas yaitu Marihat dan Topaz dapat dilihat pada Gambar 5 bahwa kedua grafik menunjukkan hasil yang sama yaitu intensitas fluoresensi pada fraksi *overripe* lebih tinggi yang kemudian diikuti oleh *ripe* dan *underripe*. Intensitas pada buah Topaz lebih tinggi 5-11% dari buah Marihat untuk setiap tingkat kematangan. Hal ini disebabkan warna buah Topaz lebih cerah daripada Marihat. Pada grafik terlihat bahwa buah mengalami puncak intensitas maksimum pada daerah 350-800 pixel. Hal ini berarti bahwa buah kelapa sawit mampu menyerap sinar laser pada panjang gelombang 650 nm.

Hasil penelitian ini juga dibuktikan secara metode destruktif melalui uji fitokimia. Hasil tersebut ditunjukkan pada Gambar 6 yang menjelaskan tentang perbandingan konsentrasi antosianin terhadap tingkat kematangan buah kelapa sawit brondolan pada varietas Marihat. Uji fitokimia dilakukan dengan mengukur kadar antosianin yang terkandung pada buah setiap tingkat kematangannya. Berdasarkan hasil uji didapatkan bahwa konsentrasi kandungan antosianin pada fraksi *underripe* lebih tinggi dari *ripe* dan *overripe*. Hal ini sesuai dengan penelitian Hazir *et al.* [8] bahwa kandungan antosianin pada buah kelapa sawit akan semakin menurun dengan bertambahnya tingkat kematangannya. Perbedaan

kandungan antosianin pada kondisi *underripe* dan *overripe* dapat dilihat pada grafik perbandingan. Dapat dianalisa dari hubungan keduanya bahwa hasil uji kandungan antosianin berbanding terbalik dengan nilai intensitas fluoresensi yang dihasilkannya.



Gambar 6. Perbandingan konsentrasi antosianin terhadap tingkat kematangan buah brondolan kelapa sawit pada varietas Marihat

5 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di atas beberapa hal dapat disimpulkan yaitu sistem optik dengan metode fluoresensi imaging telah dapat menganalisa perbedaan tingkat kematangan pada buah brondolan kelapa sawit. Intensitas fluoresensi pada buah kelapa sawit varietas Topaz lebih tinggi dari pada Marihat 5-11%. Penelitian ini juga dibuktikan dengan uji fitokimia kandungan antosianin pada buah kelapa sawit varietas Marihat, semakin tinggi tingkat kematangan kelapa sawit (*overripe*) maka semakin sedikit kandungan antosianin. Hal ini berbanding terbalik dengan nilai intensitas fluoresensi yang dihasilkan. Metode nondestruktif fluoresensi imaging berbasis laser ini sangat potensial digunakan untuk menganalisa perbedaan intensitas fluoresensi terhadap tingkat kematangan buah brondolan kelapa sawit. Penelitian ini perlu dilakukan lebih lanjut untuk pendeteksi kematangan pada buah kelapa sawit.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada pihak BPDPS (Badan Penyandang Dana Perkebunan Kelapa Sawit) yang telah mendanai penelitian ini. Terimakasih juga untuk Laboratorium Inkubator Fakultas Pertanian Universitas Riau yang telah mengizinkan dalam pemberian sampel kelapa sawit.

REFERENSI

- [1] Bodria, L., M. Fiala, R. Guidetti, R. Oberti. 2004. Optical Techniques to Estimate The ripeness of Red-

- Pigmented Fruits. *Journal American Society of Agricultural Engineers*. Vol. 47(3): 815-820
- [2] Cavaco, A. M., D. Antunes, J. Marques da Silva, R. Antunes, R. Guerra. 2002 Preliminary result on the non-invasive diagnosis of superficial scald 'Rocha' pear by fluorescence imaging. *Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim*. V. (ATB), Portugal.
- [3] Razali, M. H., Abdul Somad M. A. Halim, Syazili Roslan. 2012. A Review on Crop Plant Production and ripeness Forecasting. *International Journal of Agriculture and Crop Science*. Vol. 4(2) : 54-63.
- [4] Kementerian Pertanian (MENTAN). 2005. Peraturan Menteri Pertanian No.395 tahun 2005. *Perundangan.pertanian.go.id*. Diakses pada tanggal 7 juli 2015.
- [5] Thoriq, A. 2013. Pengembangan System Deteksi Kematangan Tandan Buah Segar Kelapa Sawit (TBS) Berbasis Spektrum Cahaya Tampak. Tesis Program Studi Teknik Mesin Pertanian dan Pangan Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [6] Makky M., P. Sony, Vilas M. Salokhe. 2014. Automatic non-destructive quality inspection system for oil palm fruits. *Journal International Agrophysics*. Vol. 28 : 319-329.
- [7] [1] Roseleena, J., Nursuriati, J., Ahmed, J., Low, C. Y. 2011. Assessment of palm oil fresh fruit bunches using photogrammetric grading system. *International Food Research Journal*. Vol. 18(3) : 999-1005.
- [8] Hazir, M. M. H., Abdul R. M. S., M. D. Amiruddin. 2012. Determination of oil palm fresh fruit bunch ripeness-Based on flavonoid and anthocyanin content. *Industrial Crops and Products Journal*. Vol. 36 : 466-475.
- [9] Bensaeed, O. M., A. M. Shariff, A. B. Mahmud, H. Shafri, M. Alfatni. 2014. Oil palm fruit grading using hyperspectral device and machine learning algorithm. *International Remote Sensing & GIS Conference and Exhibition*. Vo. 20 : 1-22.
- [10] Hazir, M. H. M., dan Abdul, R. M. S. 2011. Oil Palm Physical and Optical Characteristic from two Different Planting Materials. *Research Journal of Applied Science Engineering and Technological*. Vol. 3(9) : 953-962.
- [11] Lembumba, S. O. 2006. Laser Induced Chlorophyll Fluorescence of Plant Material. Thesis. University of Stellenbosch. Afrika Selatan.
- [12] Nedbal, L., J. Soukupova, J. Whitmarsh, M. Trtilek. 2001. Postharvest imaging of chlorophyll fluorescence from lemons can be used to predict fruit quality.
- [13] Harun, Noor H., Norhisam M., Roslina M. S. Ishak A., Hiroyuki W., Kunihiisa T. 2014. Dual Resonant Frequencies Effects on Induction-Based Oil Palm Fruit Sensor. *Journal Sensors*. Vol 14: 21923-21940.
- [14] Abbot, J. A. 1999. Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology Journal*. Vol. 15: 207-225